

RAPPORT LNR 3664-97

# Overvåking NOAH Langøya

Strandsoneregistreringer samt  
metaller i sediment og blåskjell

# Norsk institutt for vannforskning

# RAPPORT

## Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

## Sørlandsavdelingen

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

## Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

## Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

## Akvaplan-NIVA A/S

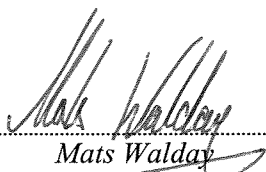
Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

<b>Tittel</b> Overvåking NOAH-Langøya Strandsoneregistreringer samt metaller i sediment og blåskjell	<b>Løpenr. (for bestilling)</b> 3664-97	<b>Dato</b> 28.4.1997
	<b>Prosjektnr. Undernr.</b> O-96231	<b>Sider Pris</b> 26
<b>Forfatter(e)</b> Walday, Mats	<b>Fagområde</b> Miljøgifter sjøvann	<b>Distribusjon</b>
	<b>Geografisk område</b> Vestfold	<b>Trykket</b> NIVA

<b>Oppdragsgiver(e)</b> Norsk avfallshandtering A/S (NOAH)	<b>Oppdragsreferanse</b> Kontrakt nr. K 96 011
---	--

<b>Sammendrag</b> Undersøkelser av strandsoneorganismer, samt metaller i blåskjell og sediment, ble i 1996 utført som et ledd i overvåkingen av den marine resipienten utenfor NOAHs anlegg for spesialavfall på Langøya. Det ble registrert overkonsentrasjoner av metallene arsen, kvikksølv, bly, nikkel, sink, krom, kobber og sølv i sedimentene, men nivåene var ikke oppsiktsvekkende høye og tilstanden kan karakteriseres som "mindre god". Blant disse metallene karakteriseres kvikksølv og bly som metaller med svært alvorlige miljøegenskaper og utviklingen hos dem bør derfor følges ekstra nøye i fremtiden. Analyser av metallinnhold i blåskjell fra Langøya indikerte en god tilstand i området. Det var kun på de tre stasjonene nærmest utslippet at det ble registrert overkonsentrasjoner av krom. Sammenlignet med undersøkelser utført i 1994 hadde nivåene av metaller i blåskjell generelt avtatt, mens nivåene i sediment var nokså uforandret. Forekomstene av strandsoneorganismer indikerte ingen unormale forhold.
--

<b>Fire norske emneord</b> 1. Langøya 2. Marin 3. Overvåking 4. Metaller	<b>Fire engelske emneord</b> 1. Langøya island 2. Marine 3. Monitoring 4. Metals
--	--

  
 Mats Walday  
 Prosjektleder

ISBN 82-577-3226-5

  
 Bjørn Braaten  
 Forskningsjef

## **Overvåking NOAH-Langøya**

Strandsoneregistreringer samt metaller i sediment og  
blåskjell

## Forord

Undersøkelsene, som er et ledd i overvåkingen av resipienten utenfor NOAHs anlegg for uorganisk avfall på Langøya, er gjort av NIVA på oppdrag av NOAH. Kontaktpersoner på NOAH er Trygve Sverreson og Jakob Lindstrøm.

Sedimentinnsamlingene ble ledet av Roger M. Konieczny, assistert av Frank Kjellberg, Aud Helland (alle NIVA), samt mannskapet på F/ F "Trygve Braarud" (Jan Richard Wærvågen, Sindre Holm og Geir Sanne).

Blåskjellinnsamling og strandsoneregistreringer er utført av Frithjof Moy og Mats Walday fra NIVA.

Metallanalysene er utført på NIVAs laboratorium under ledelse av Arne Godal.

Opparbeiding av sedimenter og analyse av kornstørrelse er gjort av Unni Efraimsen NIVA.

Opparbeiding av blåskjell er utført av Frank Kjellberg fra NIVA.

Rapporten er forfattet av Mats Walday som også er prosjektleder.

Oslo, 28/4 1997

*Mats Walday*

---

# **Innhold**

<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>7</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>9</b>
3.1 Metaller i bunnsediment	9
3.2 Metaller i blåskjell	12
3.3 Gradienter i metallkonsentrasjon	12
3.4 Sammenligning mellom 1994 og 1996	14
3.5 Strandsoneregistreringer	17
<b>4. Konklusjon</b>	<b>18</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>19</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>20</b>

## Sammendrag

I 1996 undersøkte NIVA, på oppdrag av NOAH, metallinnholdet i blåskjell og sedimenter fra området rundt Langøya. Det ble også foretatt registreringer av alger og dyr på fire strandsonestasjoner. Undersøkelsene er et ledd i overvåkingen av den marine resipienten utenfor NOAHs anlegg for spesialavfall på Langøya. NIVA utførte i 1994 en orienterende undersøkelse i området (Waldy & Helland 1994) og resultatene fra de to undersøkelsene er blitt sammenlignet i den foreliggende rapport.

Det ble registrert overkonsentrasjoner av metallene arsen, kvikksølv, bly, nikkel, sink, krom, kobber og sølv i bunnsedimentene (0-2 cm) utenfor Langøya i 1996. Nivåene var ikke oppsiktsvekkende høye og tilstanden kan karakteriseres som "mindre god" (klasse II, Rygg & Thélin 1993). Blant disse metallene karakteriseres kvikksølv og bly som metaller med svært alvorlige miljøegenskaper (SFT 1993) og utviklingen hos dem bør derfor følges ekstra nøye i fremtiden. De høyeste konsentrasjoner for mange av metallene ble registrert på den sydligste av stasjonene (st.1). Det kan ikke utelukkes at andre kilder enn Langøya kan være årsak til dette. Tidligere undersøkelser har f.eks. vist sterk forurensning av bly og kvikksølv i sedimenter fra Hortenområdet (indre havn og Hortenkanalen, se Helland 1993).

Analyser av metallinnhold i blåskjell fra Langøya i 1996 indikerte en god tilstand i området. Det var kun på de tre stasjonene nærmest utslippet at det ble registrert overkonsentrasjoner av krom. Konsentrasjonene var generelt lavere i 1996 enn i 1994, signifikant lavere ( $p < 0,05$ ) for metallene kadmium og kvikksølv. Det har ikke vært mulig å detektere noen klare konsentrasjonsgradienter med økende avstand fra utslippet.

Forekomstene av alger og dyr var normale på de fire strandsonestasjonene. De forskjeller som ble registrert mellom stasjonene er ikke oppsiktsvekkende og kan delvis forklares utfra naturlige forhold som eksponering og substrat.

# 1. Innledning

Langøya ligger i Holmestrandsfjorden som er en åpen fjord uten terskler. Mot nordvest går den over i Sandebukta og mot sørøst går den over i Breiangen, som er et åpent område av ytre Oslofjord. Kalkgrunnen på Langøya er bygget opp av fossiler, som ble avsatt for rundt 400 millioner år siden. I mer enn 90 år har det vært drevet kalksteinbrudd på øya, men idag brukes de to gamle bruddene stort sett til avfallshåndtering. Anlegget tar imot de fleste typer uorganisk avfall og håndteringen er konsesjonsbetinget. De ulike avfallstypene deponeres i nordbruddet og behandles for å gi nøytrale og kjemisk stabile sluttprodukter. I denne sammenheng felles det ut metaller. Fordi bruddet ligger til kote -50 er lekkasje fra bruddet ut til fjorden ikke mulig. Erfaringsmessig har det vist seg at anlegget heller ikke har lekkasjer fra fjorden utenfor, men de store bruddflatene tar imot anseelige mengder regnvann og sigevann fra omgivelsene. Overskuddsvannet fra NOAHs avfallsdeponi slippes ut på 15 m dyp på vestsiden av øya, og lasting / lossing av avfall foregår like sør for utslippsområdet. Utslippsvannets pH måles kontinuerlig og det tas hver måned ukesprøver for analyse av bl.a. metallinnhold (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn, Hg, Mg, Sr). Det er gitt tillatelse til utslipp av 100 m<sup>3</sup> prosessvann / time. Det er blitt utført beregninger av strømforholdene i området (Magnusson *et al.* in prep).

Hardbunnsorganismer som eksempelvis blåskjell, tar opp miljøgifter fra vannet og oppkonsentrerer disse i varierende grad. Blåskjell er vanlig benyttet som bioindikator i miljøgiftovervåkning av marine sjøområder, både nasjonalt og internasjonalt. Fordelen med å undersøke fastsittende eller lite mobile organismer, er at de ikke kan unnslippe eller flytte til andre områder og at de på den måten reflekterer den lokale belastningen integrert over tid.

På den samme måte reflekterer også sedimentenes innhold av miljøgifter tilførselen av disse over tid. Tidsperspektivet er imidlertid lenger sammenlignet med blåskjell. Innholdet av miljøgifter i sedimentene er avhengig av tilførselene til resipienten samt avsetnings-forholdene. For at miljøgiftene skal lagres i sedimentene er det en forutsetning at området har sedimentasjonsbunn. I motsatt fall vil miljøgiftene transporteres ut av området. Et område som har grove sedimenter indikerer erosjonsbunn, dvs. at innholdet av finpartikulært materiale, som kan adsorbere metaller, er lavt.

Ved sonderende undersøkelser av blåskjell og sedimenter fra området i 1994, ble det konkludert at det foregår en tilførsel av metaller fra Langøya til resipienten. Metallinnholdet i blåskjell og sedimenter var imidlertid lavt (Waldal & Helland 1994).

*Målsetningen med undersøkelsene er å overvåke resipienten for å undersøke om bedriftens utslipp og aktiviteter har påvirket eller påvirker livet i sjøen rundt Langøya*

## 2. Materiale og metoder

Feltarbeidet for etablering av overvåkingsstasjoner for sedimenter rundt Langøya ble gjennomført den 21 og 22. november 1996. Til innsamlingen ble det benyttet F/F "Trygve Braarud" tilhørende Universitetet i Oslo. Det ble benyttet en kjerneprøvetaker (Niemistö 1974) til prøveinnsamlingen og det ble tatt 3 parallelle kjerner på hver av de 7 stasjonene. Prøvene ble snittet i sedimentnivået 0-2 cm med spesialtilpasset utstyr, overført til "pre-cleaned" 250 ml glassbeholdere (glødet ved 550°C) og frosset ned ved -40°C umiddelbart etter uttak. Alle prøver ble i frosset tilstand transportert til NIVA's laboratorium for analyse. Alle analyser ble utført på frysetørket sediment. Andel av silt og leire ble bestemt ved våtsikting gjennom en 63µm sikt.

Valg av prøvestasjoner (1 t.o.m. 6, se Figur 1) ble gjort på bakgrunn av tidligere resultater (Walday & Helland 1994), en foreløpig spredningsmodel for overflatevannet i Breiangeren samt en generell dypåls strategi. Stasjon 4 ble tatt i tilnærmet samme posisjon som st. 94-2 i tidligere undersøkelse (kfr. Tabell 1, samt Walday & Helland 1994). Referansestasjonen 7 er identisk med overvåkingsstasjonen JAMP-stasjon 35S (kfr. Green 1997). Sedimentstasjonenes plassering er vist i Figur 1.

**Tabell 1.** Posisjon og dyp for sedimentstasjoner rundt Langøya 1996

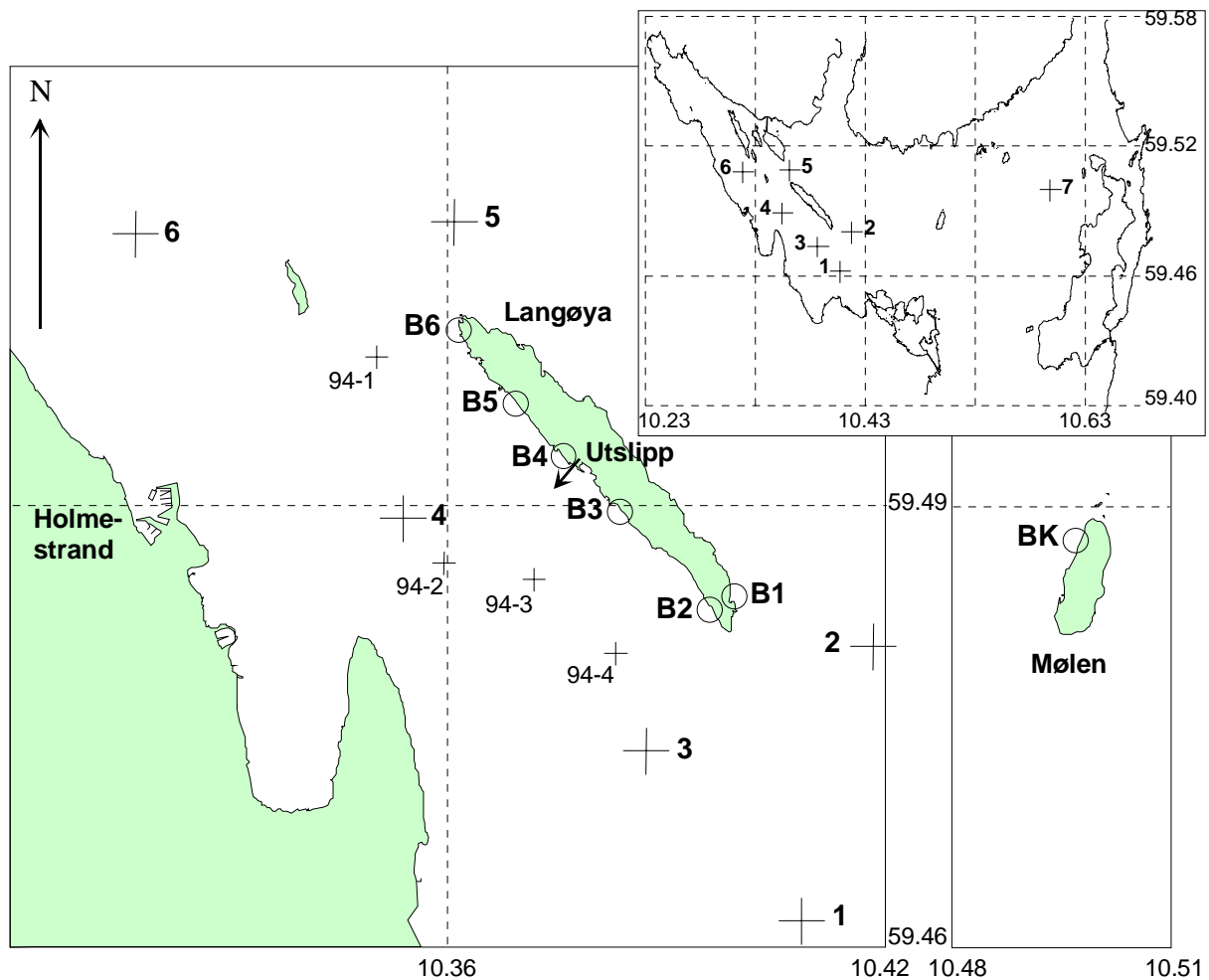
Stasjonskode	Pos. N	Pos. Ø	Vanndyp	Kommentar
1	59°27.733	10°24.418	135 m	
2	59°28.822	10°25.020	114 m	
3	59°28.410	10°23.190	97 m	
4	59°29.346	10°21.263	90 m	Jfr. S2 (1994)
5	59°30.544	10°21.658	103 m	
6	59°30.496	10°19.100	78 m	
7 ref.	59°30.000	10°35.857	130 m	Jfr. 35S (JAMP)

Innsamling av blåskjell og strandsoneregistreringer ble gjennomført 9. oktober 1996 i området vest for Langøya og på Mølen (referansestasjon). Ved utføring av feltarbeidet var det pent vær med en S.V. frisk bris som avtok utover dagen.

Blåskjell ble samlet inn fra de samme 6 stasjoner som i 1994, se Figur 1 (3 parallelle prøver à 20 skjell, 4-5 cm lengde). På laboratoriet ble skallengden målt og samlet vekt av bløtdeler for hver stasjon veid, før muslingene ble homogenisert og sendt til analyse. Stasjonsplassering ble dokumentert ved fotografering.

Strandsoneregistreringer ble utført på 4 av blåskjellstasjonene (2, 3 og 6 samt kontrollstasjonen på Mølen). Ved hjelp av snorkling ble alle arter som kunne oppdages innenfor en tidsbegrensning på 10 min. notert. Kvantifisering ble gjort subjektivt etter følgende skala: 1 = enkeltfunn, 2 = spredt forekomst, 3 = vanlig forekomst, 4 = dominerende forekomst. Registreringene ble utført av en marin botaniker og en marin zoolog.





**Figur 1.** Langøya med plassering av blåskjell- (B) og sedimentstasjoner (1 - 7). Oversiktskartet viser plasseringen av referansestasjonen for sediment (st. 7) i forhold til sedimentstasjonene rundt Langøya. De dype sedimentstasjonene som ble undersøkt i 1994 er merket 94-1, 94-2 osv. BK er referansestasjonen på Mølen. Strandsoneregistreringer ble utført på stasjon BK, B2, B3 og B6.

Metaller knytter seg gjerne til små partikler i sedimentene. Som oftest er det derfor en klar sammenheng mellom metallinnhold og kornstørrelse. Et grovkornet sediment gir ofte lave metallkonsentrasjoner. Finkornete sedimenter gir i motsetning et høyt innhold av metaller. Det ble av denne grunn utført analyser av kornstørrelsen i sedimentene.

For å kunne avgjøre hvor stor andel av metallene i sedimentene som er naturlig og hvor stor andel som skyldes menneskelige tilførsler er det nødvendig å kompensere for mineralogiske forskjeller og kornstørrelse. Lithium sitter bundet i gitteret i silikater og leirmineraler og vil derfor transporteres og avsettes sammen med disse. Dette gjør at det som oftest er en signifikant sammenheng mellom lithium og kornstørrelsen i en gitt prøveserie. Lithium er derfor en velegnet normaliseringsparameter, både for mineralogiske forskjeller og kornstørrelse (Loring 1990).

Finkornet organisk materiale kan også binde metaller. Dette gjelder særlig kvikksølv og til dels kadmium. Flere undersøkelser har vist signifikant sammenheng mellom totalt organisk karbon og henholdsvis kvikksølv og kadmium. Det er derfor vanlig å benytte totalt organisk karbon som normaliseringsparameter for disse to metallene. Innholdet av total organisk karbon ble bestemt ved

forbrenning i oksygenmettet heliumgass ved ca. 1800°C etter syrebehandling for å fjerne uorganisk karbon. Alle kjemiske analyser er utført på NIVAs laboratorium i Oslo.

De analyserte miljøgifter blir i det følgende klassifisert etter konsentrasjon, i hovedsak etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet (Tabell 2 og Tabell 3). Klasseinndelingen er etter Rygg & Thélin (1993). For vanadium og kobolt er "antatt høyt bakgrunnsnivå" (klasse I) vist, se Knutzen & Skei (1990) samt Konieczny & Brevik (1997).

**Tabell 2.** Klassifikasjon av tilstand i sediment (verdier er i mg/kg, tørrvekt). Kl. V ikke vist.

Stoff	Kl. I God	Kl. II Mindre god	Kl. III Nokså dårlig	Kl. IV Dårlig
Kvikksølv	<0,15	0,15-0,6	0,6-3	3-5
Kadmium	<0,25	0,25-1	1-5	5-10
Bly	<30	30-120	120-600	600-1500
Arsen	<20	20-80	80-400	400-1000
Nikkel	<30	30-130	130-600	600-1500
Kobber	<35	35-150	150-700	700-1500
Sink	<150	150-700	700-3000	3000-10000
Sølv	<0,3	0,3-1,3	1,3-5	5-10
Krom	<70	70-300	300-1500	1500-5000
Kobolt	<35			
Vanadium	<150			

**Tabell 3.** Klassifikasjon av tilstand i blåskjell (verdier er i mg/kg, tørrvekt). Kl. V ikke vist.

Stoff	Kl. I God	Kl. II Mindre god	Kl. III Nokså dårlig	Kl. IV Dårlig
Kvikksølv	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-4
Kadmium	<2	2-5	5-20	20-40
Bly	<5	5-20	20-50	50-100
Arsen	<10	10-30	30-100	100-200
Nikkel	<5	5-20	20-50	50-100
Kobber	<10	10-30	30-100	100-200
Sink	<200	200-400	400-1000	1000-2500
Sølv	<0,3	0,3-1	1-2	2-5
Krom	<3	3-10	10-30	30-60
Kobolt	<3			
Vanadium	<2			

Det er blitt utført variansanalyser for å undersøke om det var noen signifikante forskjeller mellom stasjonene mht. metallnivåer. Signifikans ble testet på 95%-nivå vha. "Scheffes test" og alle analysene ble utført i programpakken "Statgraphic".

## 3. Resultater

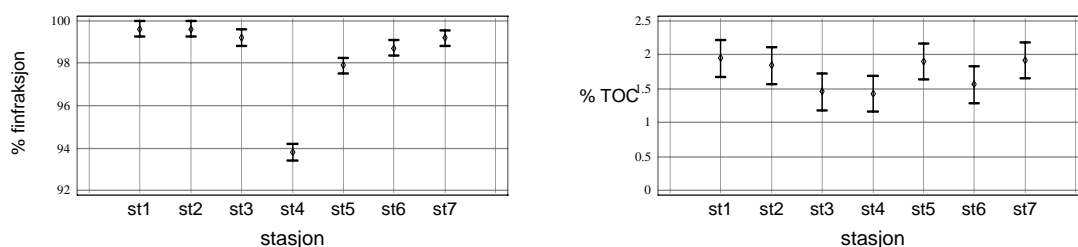
### 3.1 Metaller i bunnsediment

Det ble ikke funnet oppsiktsvekkende nivåer av metaller i bunnsedimentene rundt Langøya. Gjennomsnittsverdier av de tre parallellene er vist i Tabell 5. Samtlige resultater er gitt i vedleggs Tabell 7. I vedlegg Figur 9 og Figur 10 er standardavviket rundt gjennomsnittet vist, og det var generelt liten variasjon i konsentrasjon mellom de tre parallelle prøvene. Lengden av sedimentkjernene

og en visuell beskrivelse av sedimentene er gitt i Tabell 4. Alle syv stasjoner hadde et høyt %-vis innhold (>93%) av partikler mindre enn 63  $\mu\text{m}$  (finfraksjon), hvilket viser at dette er sedimentasjonsområder (Tabell 5). På stasjon 4 var imidlertid andelen finfraksjon signifikant ( $p < 0,05$ ) lavere enn på de andre stasjonene (Figur 2). Innholdet av organisk karbon i sedimentet lå i området 1,5-2 %, normalt for marine sedimenter i Norge er 1-3 % (J. Skei pers.medd.). Det var ingen signifikante forskjeller mellom stasjonene mht. organisk karbon.

**Tabell 4.** Kjernelengde samt visuell beskrivelse av sedimentprøver fra Langøya 1996. Stasjon 7 er referansestasjon (fecal pellets = ekskrement partikler).

Stasjon	Kjerne 1	Kjerne 2	Kjerne 3	Beskrivelse
1	59 cm	57 cm	66 cm	Topp 2 cm brunlig grått bløtt slam med fecal pellets over olivengrå siltig leire bioturbert til 14-17 cm. Derfra fastere grå siltig leire mot bunnen.
2	54 cm	45 cm	54 cm	Topp 1 cm olivengrå bløtt slam med fecal pellets og polychaeter over lys grå siltig leire bioturbert til 14-19 cm. Derfra fastere grå siltig leire mot bunnen.
3	52 cm	63 cm	59 cm	Topp 2 cm olivengrå bløtt slam med fecal pellets over grå siltig leire bioturbert til 15-18 cm. Derfra fastere grå siltig leire mot bunnen.
4	51 cm	31 cm	36 cm	Topp 2 cm olivengrå bløtt slam med fecal pellets og polychaeter over medium grå siltig leire bioturbert til 11-12 cm. Derfra fastere grå siltig leire mot bunnen.
5	54 cm	43 cm	48 cm	Topp 2 cm olivengrå bløtt slam med fecal pellets over grå siltig leire bioturbert til 13-15 cm. Derfra fastere grå siltig leire mot bunnen.
6	36 cm	39 cm	42 cm	Topp 1 cm olivengrå bløtt slam med fecal pellets over grå siltig leire bioturbert til 12-15 cm. Derfra fastere grå siltig leire mot bunnen.
7 ref.	48 cm	50 cm	49 cm	Topp 2 cm olivengrå bløtt slam med fecal pellets og polychaeter over medium grå siltig leire bioturbert til 16-20 cm. Derfra fastere grå siltig leire mot bunnen.



**Figur 2.** Sedimenter (0-2 cm) utenfor Langøya i november 1996. Andel finfraksjon (% <63  $\mu\text{m}$ ) og %-vis innhold av totalt organisk karbon (TOC). Gjennomsnittsverdier med Scheffes 95%-intervall. Ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.

*Kvikksølv, bly, nikkel og sink* viste noe forhøyede verdier i sedimentene (0-2 cm) på samtlige stasjoner (ikke Zn på st.4) utenfor Langøya (Tabell 5). I henhold til Rygg & Thélín (1993) indikerte nivåene av disse metaller en *mindre god tilstand* i området. På et mindre utvalg av stasjonene var det også overkonsentrasjoner av metallene *arsen* og *sølv*.

For vanadium og kobolt eksisterer det foreløpig ingen tilsvarende klassifisering av miljøkvalitet, og SFT (1993) har vurdert at disse metaller ikke representerer noe miljøproblem i norske farvann i dag. Utfra tidligere vurderinger av bakgrunnsnivåer (se Knutzen & Skei 1990; Konieczny & Brevik 1997, m. referanser) representerer nivåene av både vanadium og kobolt konsentrasjoner rundt bakgrunnsnivå i bunnsedimentene utenfor Langøya.

Oppslutning vha. salpetersyre slik det er gjort her, vil for noen metaller gi et underestimat i forhold til de reelle verdier. Primært gjelder dette krom og vanadium, men i mindre grad også bly, lithium, nikkel, kobber og sink. Utfra tidligere erfaringer kan en korrigere for dette underestimat, og for *krom* vil en korrigering bety at metallet havner noe høyere enn antatt høyt bakgrunnsnivå, dvs. indikerer en "mindre god tilstand" (Rygg & Thélín 1993) på samtlige stasjoner. For *kobber* vil stasjon 1, 2, 5, 6 og 7 havne i klassen "mindre god tilstand", mens det for vanadium, bly, nikkel og sink ikke ble noen endring i tilstandsklasse etter korrigeringen.

**Tabell 5.** Innhold av totalt organisk karbon og metaller (arsen (As), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), bly (Pb), vanadium (V), lithium (Li), krom (Cr), kobolt (Co), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn) og sølv (Ag) samt andel silt og leire i sedimenter (0-2 cm) utenfor Langøya i 1996. TOC og finfraksjon (<63 µm) i %; nivåer av metaller i mg/kg tørt sediment. Gjennomsnitt av tre paralleller. Verdier med skravert bakgrunn indikerer "mindre god tilstand" (Rygg & Thélín 1993).

Stasjon:	1	2	3	4	5	6	7 (ref.)
TOC	1,95	1,84	1,45	1,42	1,9	1,56	1,91
As	23,00	20,33	18,67	17,33	20,33	19,33	19,00
Cd	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Hg	0,22	0,21	0,20	0,24	0,22	0,21	0,26
Pb	53,57	52,83	50,93	52,83	55,03	54,13	53,33
V	103,67	87,67	76,50	64,57	73,70	70,37	83,10
Li	40,87	39,17	39,93	36,37	38,80	40,50	38,13
Cr <sup>1)</sup>	45,10	44,60	41,23	37,67	42,30	40,20	47,93
Co	10,13	9,20	8,70	7,90	8,60	7,87	10,00
Ni	41,20	40,13	37,00	32,77	36,87	35,00	35,83
Cu <sup>1)</sup>	31,80	30,53	27,57	26,93	29,50	29,50	30,33
Zn	180	170	160	150	170	170	160
Ag	0,19	0,19	0,14	0,35	0,72	0,32	0,22
Finfr.	99,6	99,6	99,2	93,8	97,9	98,7	99,2

<sup>1)</sup> "mindre god tilstand" (klasse II) etter korrigering av viste konsentrasjoner, se tekst for nærmere forklaring.

Generelt kan en si at sedimentene rundt Langøya var lite forurensset av metaller og at de i denne sammenheng skilte seg lite ut fra sedimentene på referansestasjonen (st.7). En bør imidlertid spesielt følge utviklingen hos bly og kvikksølv siden begge viste overkonsentrasjoner på samtlige stasjoner og i tillegg har svært alvorlige miljøegenskaper (SFT 1993). For mange av metallene ble de høyeste konsentrasjoner målt på stasjon 1, og dette indikerer at det er et viktig akkumulasjonsområde ved stasjonen. Andre argumenter for dette er at det er den dypeste av stasjonene og at sedimentene har en høy andel av fine partikler (99,6 % <63 µm). Strømberegninger (Magnusson *et al.* in prep) viser en dominerende transport av vann langs vestsiden av Langøya og sørover mot området ved stasjon 1.

### 3.2 Metaller i blåskjell

Det ble heller ikke funnet oppsiktsvekkende nivåer av metaller i blåskjell rundt Langøya (Tabell 6). Krom viste forhøyede nivåer (kl. II, "mindre god tilstand") på stasjon 3, 4 og 5. Samtlige resultater er gitt i vedlegg Tabell 8. I vedlegg er også standardavviket rundt gjennomsnittet vist i Figur 11 og Figur 12.

**Tabell 6.** Innhold av metaller (arsen (As), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), bly (Pb), vanadium (V), litium (Li), krom (Cr), kobolt (Co), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn) og sølv (Ag) samt %-tørrestoff i blåskjell utenfor Langøya i 1996. Nivåer av metaller i mg/kg på tørrvektsbasis. Gjennomsnitt av tre paralleller. Verdier med skravert bakgrunn indikerer "mindre god tilstand" (Rygg & Thélín 1993).

Stasjon:	1	2	3	4	5	6
As	9,06	8,78	6,60	7,89	7,22	9,14
Cd	0,83	0,84	0,68	0,82	0,75	0,85
Hg	0,06	0,06	0,03	0,05	0,04	0,06
Pb	1,17	1,00	0,91	2,41	1,05	1,51
V	0,36	0,45	0,58	1,72	0,56	0,56
Li	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cr	0,91	1,05	6,88	4,94	4,33	1,93
Co	1,41	1,38	0,87	1,36	1,71	1,07
Ni	1,44	0,98	3,74	2,90	2,60	1,53
Cu	6,13	6,04	6,88	6,93	6,48	5,88
Zn	98,34	92,05	74,49	113,45	91,15	100,75
Ag	0,16	0,16	0,16	0,08	0,10	0,08
% TS	14,6	13,3	18,0	14,1	15,9	15,5

### 3.3 Gradienter i metallkonsentrasjon

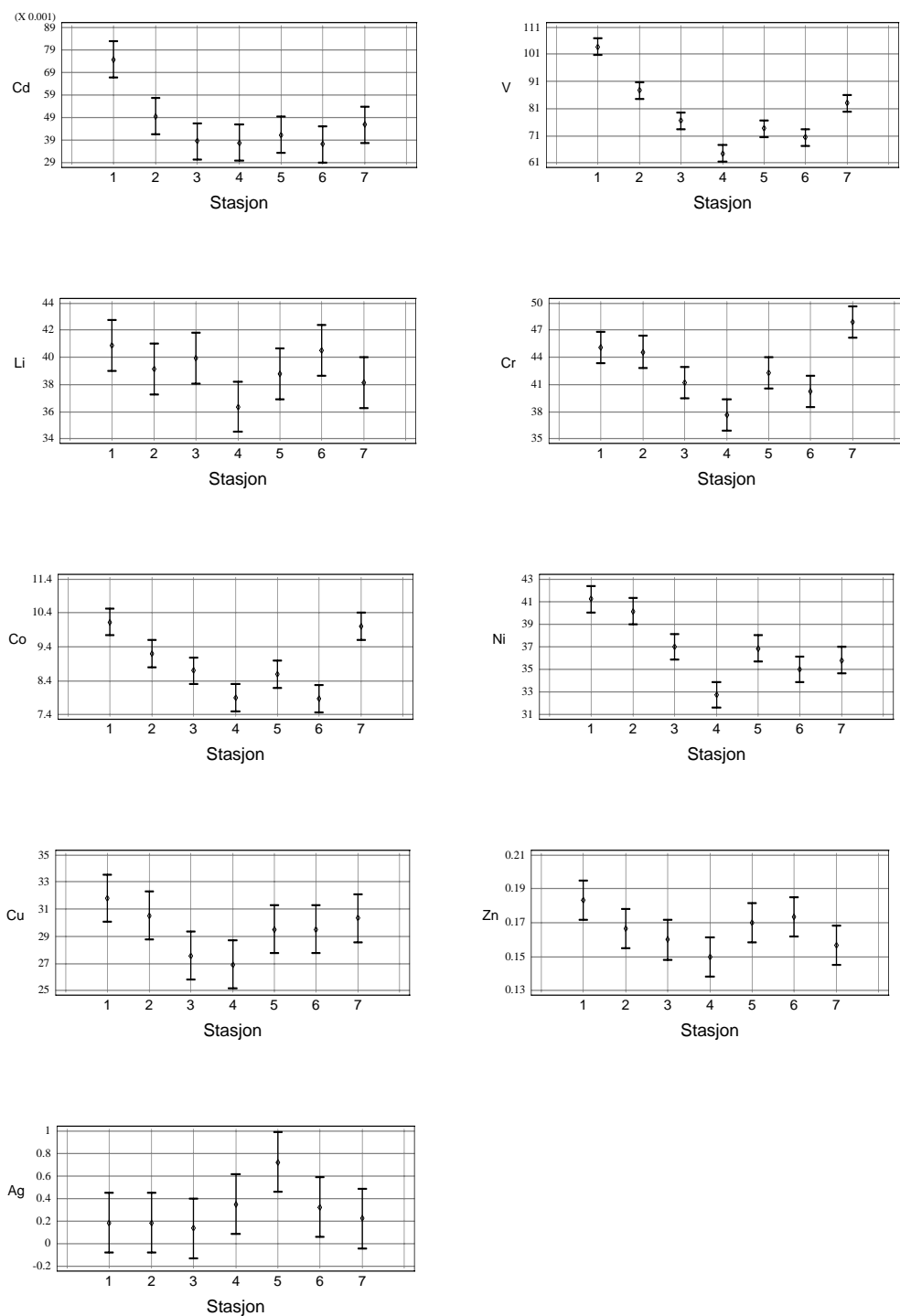
I det følgende er det sett nærmere på de metaller hvor det ble funnet signifikante konsentrasjonsforskjeller mellom stasjonene (Figur 3 og Figur 4). Dette ble gjort for å undersøke hvorvidt det var konsentrasjonsgradienter i materialet som kunne knyttes til Langøyas utslipp av prosessvann. Ikke overlappende intervall i figurene indikerer signifikante forskjeller mellom stasjonene på 95%-nivå.

- Sedimenter

I sedimentundersøkelsene ble det funnet en rekke signifikante forskjeller mellom stasjoner for flere av metallene (Figur 3). Variansen innenfor parallellene var imidlertid for det meste liten (se vedleggsfigurene) og da trenger ikke forskjellen mellom stasjonene å være spesielt stor for at den skal klassifiseres som statistisk signifikant.

Det er verdt å merke seg at metallinnholdet på stasjon 1 generelt var høyere enn på de øvrige stasjoner, mens stasjon 4, som ligger nærmest utslippet, hadde lave nivåer. Sedimentene på stasjon 4 hadde også det laveste innholdet av organisk karbon samt den signifikant ( $p < 0,05$ ) minste andelen av partikler mindre enn  $63 \mu\text{m}$  blant de undersøkte stasjoner (Figur 2). Dette indikerer en mindre sedimentasjonsrate på stasjon 4 enn på de øvrige stasjoner hvilket kan forklare det lavere innholdet av metaller. Forholdene på stasjon 1 er diskutert i kapittel 3.1.

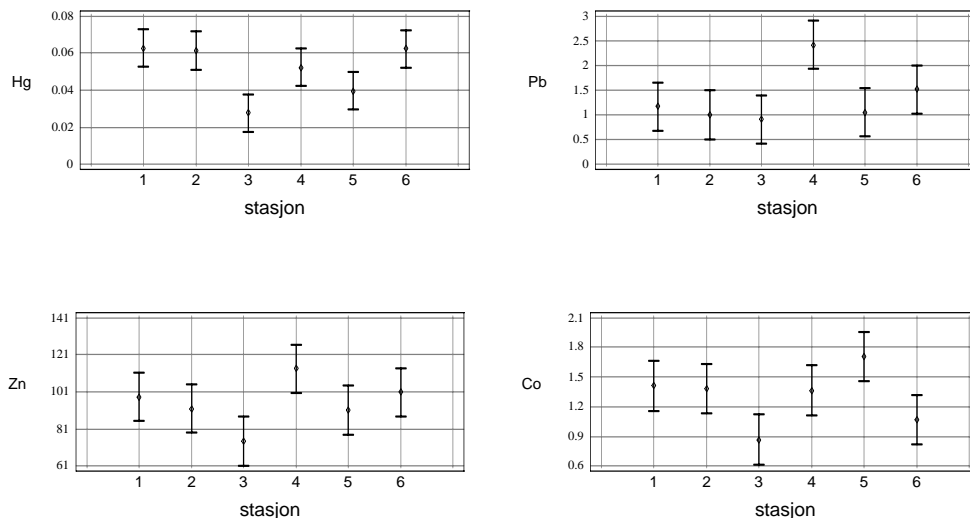
Bortsett fra de forhold som gjelder stasjon 1 og 4, er det vanskelig å detektere noen gradienter mellom stasjonene i forhold til metallinnhold i sedimentene.



**Figur 3.** Kadmium, vanadium, lithium, krom, kobolt, nikkel, kobber, sink og sølv i sediment utenfor Langøya i 1996 (mg/kg tørrvekt). For de øvrige metaller ble det ikke funnet sign. forskjeller mellom stasjonene. Gjennomsnittsverdier med Scheffes 95%-intervall. Ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.

- Blåskjell

Det ble funnet signifikante forskjeller mellom blåskjellstasjoner for fire av metallene (Figur 4). Stasjon 4, som ligger like nord for utslippet, hadde signifikant høyere konsentrasjoner enn stasjon 3 som ligger noen få hundre meter sør for utslippet. En må imidlertid merke seg at nivåene på stasjon 1 og 2, som ligger på sørspissen av Langøya, var høyere enn på stasjon 3. Det samme mønster var tildels gjeldende for stasjonene som ligger nord på øya (st.5 og 6). Det er med andre ord ikke mulig å se noen avtagende trend i metallkonsentrasjon med økende avstand fra utslippet, hverken sørover eller nordover.



**Figur 4.** Kvikksølv, bly, sink og kobolt i blåskjell fra Langøya i 1996 (mg/kg tørrvekt). For de øvrige metaller ble det ikke funnet sign. forskjeller mellom stasjonene. Gjennomsnittsverdier med Scheffes 95%-intervall. Ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.

### 3.4 Sammenligning mellom 1994 og 1996

I 1994 ble det analysert på et mindre utvalg av metaller enn i 1996 og det blir her sett nærmere på de metaller som er felles for begge undersøkelsene. Tre av de sedimentstasjoner som ble undersøkt i 1994 (st. 5, 6 og 7) hadde en stor andel av grovere partikler (sand/grus) og er derfor utelatt fra den videre overvåking. Inkludert i den videre sammenligning er derfor stasjon 1, 2, 3 og 4 fra 1994, og 1, 3, 4 og 5 fra 1996. Det må understrekes at stasjonsplasseringen var noe ulik i 1994 i forhold til 1996 (se Figur 1) og at to år mellom undersøkelsene er for kort tid til å registrere tidsutviklinger i metallinnhold i sedimentene. Blåskjellstasjonene har vært de samme ved begge tidspunktene.

Undersøkelsene i 1994 påviste en tilførsel av *arsen*, *vanadium*, *bly* og *kadmium* fra Langøya til resipienten, men metallinnholdet var generelt lavt (Waldy & Helland 1994).

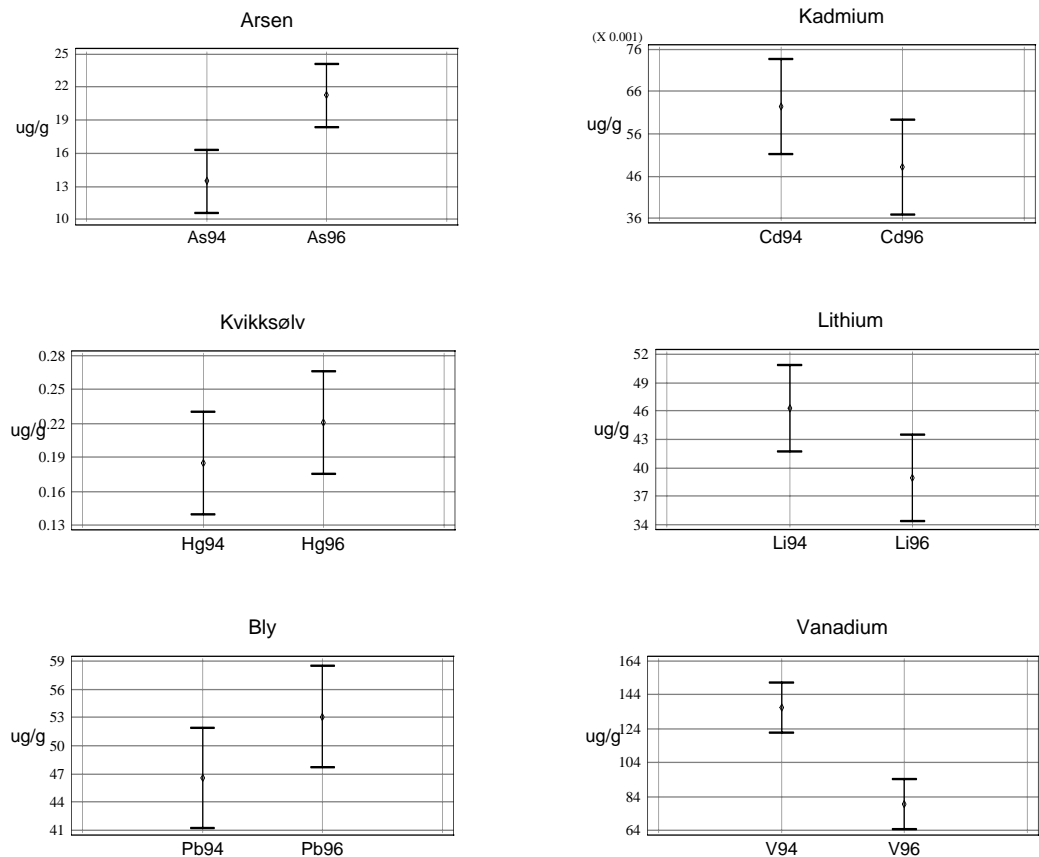
Konsentrasjonen av arsen i sedimentene var generelt noe høyere i 1996 enn i 1994 (Figur 5), og på noen av stasjonene var tilstanden mindre god. Det ble funnet forhøyede nivåer av arsen i blåskjell på stasjon 6 og fra utslippsområdet (st.4) i 1994. Konsentrasjonene var blitt lavere i 1996 og tilstanden kunne nå klassifiseres som god.

Konsentrasjonene av vanadium i sedimentene var moderate i 1994 og lå stort sett rundt antatt høyt bakgrunnsnivå. I 1996 var konsentrasjonene enda noe lavere. I blåskjell var tilstanden i 1996 fortsatt god mht. dette metall og det var en liten (ikke signifikant) nedgang fra 1994 til 1996 (Figur 7). Det var

fortsatt stasjon 4 (ved utslippet) som hadde de høyeste konsentrasjonene av vanadium og en av de tre parallellene på stasjonen inneholdt 3,5 mg/kg (Tabell 8 i vedlegg). De to andre lå på bakgrunnsnivå.

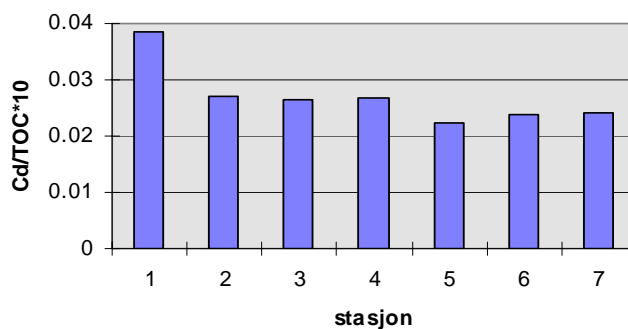
Blyinnholdet i sedimentene var noe forhøyet i 1994, og dette var også tilfelle i 1996. Overkonsentrasjonene var imidlertid moderate for begge årene. I blåskjell ble det registrert en signifikant reduksjon i blyinnhold på samtlige stasjoner sammenlignet med 1994. Stasjon 1 hadde de høyeste konsentrasjonene i 1994 (mindre god tilstand), mens de i 1996 var nede på bakgrunnsnivå. Blåskjellene fra utslippsområdet (st. 4) hadde de høyeste verdiene i 1996, men også her kan tilstanden betegnes som god.

Kadmiumkonsentrasjonene var lave i både sediment og blåskjell. Samtlige blåskjellstasjoner hadde lavere nivåer i 1996 enn i 1994 og nedgangen var signifikant (Figur 7). I 1994 ble det utfra en normalisering mot TOC, vist en relativt større belastning av kadmium i sedimentene nær utslippet fra Langøya. I Figur 6 er det gjort en tilsvarende normalisering på 1996-dataene og utfra disse er det vanskelig å se noen lignende gradient. Det er fortsatt stasjon 1, syd for Langøya, som skiller seg ut med et signifikant større innhold av kadmium i sedimentene enn de øvrige stasjonene som er nokså like.

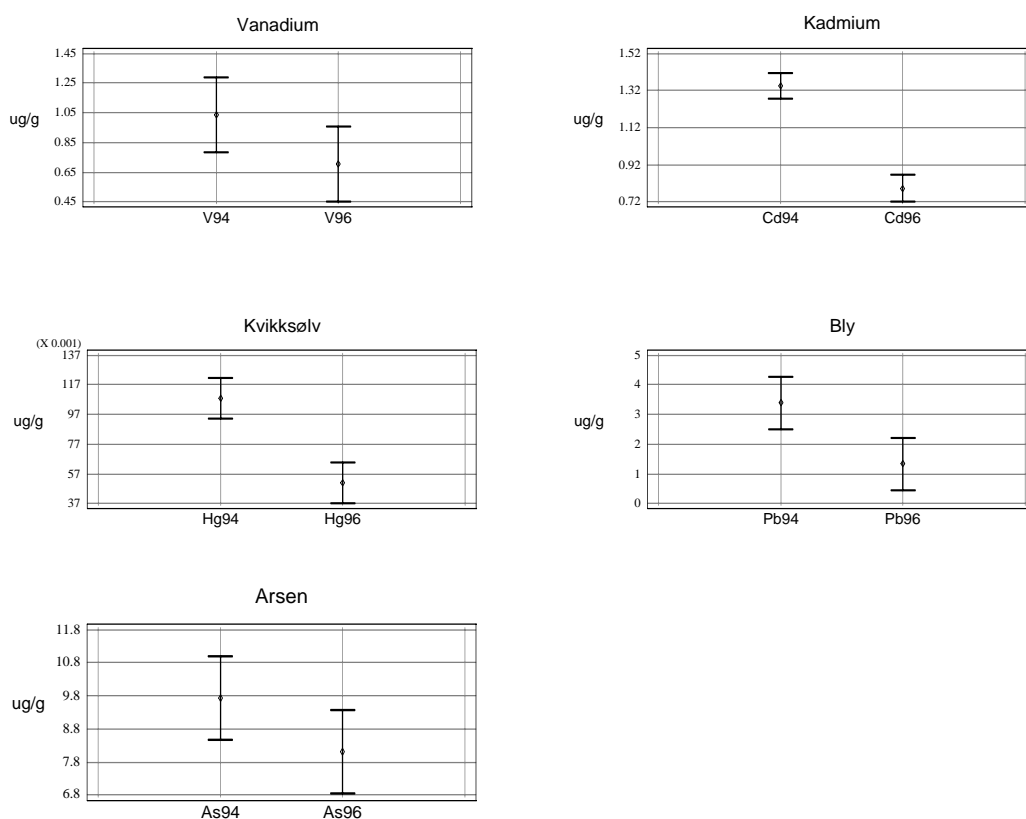


**Figur 5.** Metaller i sediment, gjennomsnittsverdier (m. Scheffe-95% intervall) av stasjon 1, 2, 3 og 4 i 1994 og 1, 3, 4 og 5 i 1996.





**Figur 6.** Kadmium i sedimentene utenfor Langøya i 1996. Verdiene er normalisert mot innholdet av organisk karbon.



**Figur 7.** Metaller i blåskjell i 1994 og 1996, gjennomsnittsverdier (m. Scheffe-95% intervall) av samtlige stasjoner på Langøya.

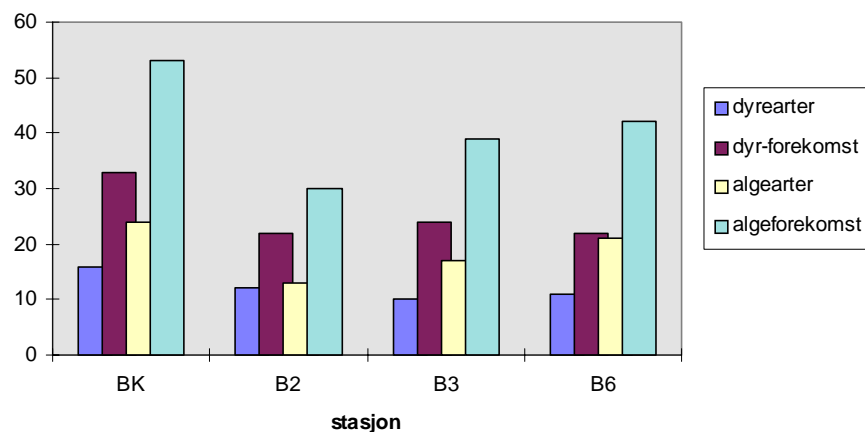
Metallnivåer i blåskjell gir et forurensningsbilde med et kortere tidsperspektiv enn det nivåer i sedimenter gjør. I tillegg vil også nivåer i blåskjell hovedsakelig avspeile forurensningssituasjonen i de øvre vannmasser. Med bakgrunn i disse forhold så indikerer resultatene fra 1996 at metallforurensningen (i hvert fall i de øvre vannmasser) har vært mindre i perioden før 1996, enn den var i perioden før prøvetakingene i 1994 (Figur 7). Dette kan ha sammenheng med at det i forhold til konsesjonen ble sluppet ut små mengder med prosessvann i tiden før prøvetakingen i 1996; totalt 36.010 m<sup>3</sup> fra 1.1.96 til prøvetakingsdato 9.10.96 (J. Lindstrøm pers. medd.).

Som tidligere nevnt ble det registrert signifikant høyere metallinnhold i blåskjell like nord for utslippet (st.4) enn i skjell like sør for utslippet (st.3). Dette er identisk med det mønster en kunne se i 1994, men årsaken til det er vanskelig å forklare. Lokale forskjeller i strømningsforhold i overflatevannet langs øya kan være en årsak, men andre metallkilder enn utslippet fra Langøya er også en mulighet.

### 3.5 Strandsoneregistreringer

Strandsoneregistreringer ble ikke utført ved undersøkelsene i 1994. Siden dette er stasjoner som vil bli sammenlignet med seg selv over tid, og som i tillegg er noe ulike hverandre mht. eksponeringsgrad og substrat, er det ikke hensiktsmessig å vurdere stasjonene fra ett års undersøkelser nærmere opp mot hverandre. Det er planlagt at strandsoneregistreringer skal utføres årlig.

Det ble tilsammen registrert 19 dyre- og 32 algetaxa på de fire stasjonene. Fordelingen av taxa på dyr og alger samt summen av de enkelte forekomster (1-4) for hver stasjon er vist i Figur 8. Artslister er gitt i vedlegg. Kontrollstasjonen på Mølen (BK) hadde den største artsrikdommen med hhv. 16 og 24 dyre- og algearter. De tre stasjonene på Langøya var noe fattigere, uten at dette var oppsiktsvekkende.



**Figur 8.** Antall taxa og forekomst (se tekst) av alger og dyr på de fire strandsonestasjonene. BK er referansestasjonen på Mølen.

## 4. Konklusjon

- Tilstanden i resipienten mht. metallforurensning kan generelt betegnes som god til mindre god i henhold til Rygg & Thélin (1993). Nivåene i sedimenter var som forventet lite endret fra 1994 til 1996. I blåskjell var nivåene generelt noe lavere i 1996 enn i 1994 hvilket kan ha sammenheng med de mengder prosessvann som ble sluppet ut i tiden før de begge prøvetakinger (J. Lindstrøm pers. medd.).
- Det ble registrert overkonsentrasjoner av metallene arsen, kvikksølv, bly, nikkel, sink, krom, kobber og sølv i sedimentene utenfor Langøya. Tilstanden for disse metallene kan karakteriseres som mindre god (Rygg & Thélin 1993). Nivåene var imidlertid ikke oppsiktsvekkende høye og skilte seg lite ut fra sedimentene på referansestasjonen. Blant disse metallene karakteriseres kvikksølv og bly som metaller med svært alvorlige miljøegenskaper (SFT 1993) og utviklingen hos dem bør derfor følges nøye i fremtiden. De høyeste konsentrasjoner for mange av metallene ble registrert på den sydligste av stasjonene (st.1). Det kan ikke utelukkes at andre kilder enn Langøyas vannutslipp kan være årsak til dette. Tidligere undersøkelser har f.eks. vist sterk forurensning av bly og kvikksølv i sedimenter fra Hortenområdet (indre havn og Hortenkanalen, se Helland 1993).
- Analyser av metallinnhold i blåskjell fra Langøya indikerte stort sett en god tilstand i området (Rygg & Thélin 1993). Det var kun på de tre stasjonene nærmest utslippet at det ble registrert overkonsentrasjoner av krom. Konsentrasjonene var noe lavere i 1996 enn i 1994, signifikant lavere ( $p < 0,05$ ) for metallene kadmium og kvikksølv. Det har ikke vært mulig å detektere noen klare konsentrasjonsgradienter med økende avstand fra utslippet.
- Ulikhetene i flora- og faunasammensetning mellom de fire strandsonestasjonene kan til en stor grad forklares utfra naturlige forhold. Ingen unormale forhold er blitt registrert på stasjonene som vil bli undersøkt årlig fremover i tiden.

## 5. Referanser

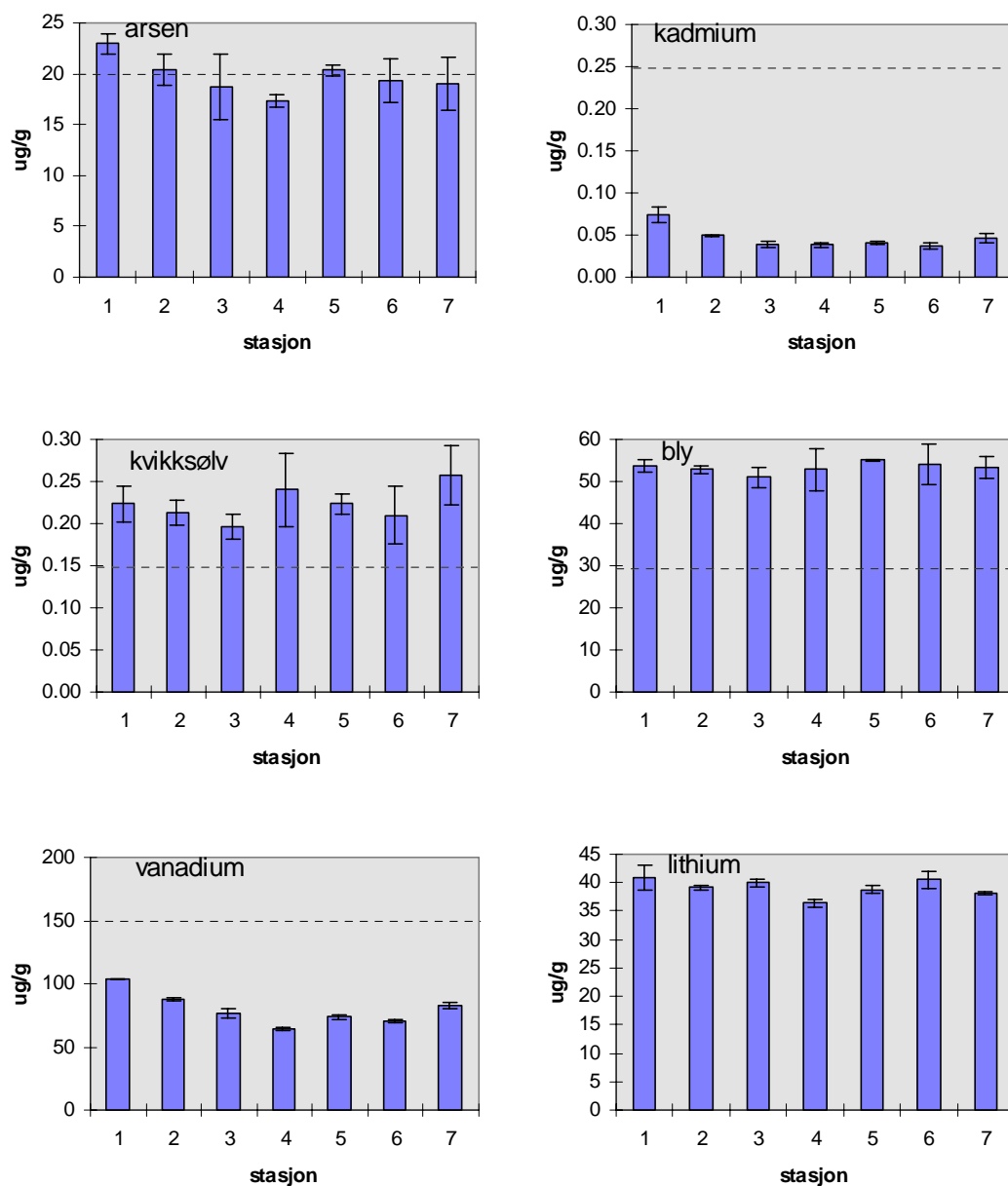
- Green, N.W., 1997. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP) National Comments to the Norwegian Data for 1995. Norwegian State Pollution Control Authority, Monitoring report no. 685/97 TA no. 1405/1997. Norwegian Institute for Water Research project 80106, report number 3597-97, 124 pp.. ISBN number 82-577-3152-8. (Also as document SIME 97/5/5).
- Helland A. 1993. Kartlegging av tungmetaller i sedimentene i Hortenkanalen for Borre kommune. NIVA-rapport 2851. 25 s.
- Knutzen J., Skei J. 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport 2540. 139 s.
- Konieczny R.M. & E.M. Brevik, 1997. Kartlegging av et tønneponi i sjøen utenfor Aspond, Indre Oslofjord 1996. Utbredelse, tilstand og miljøgifter. NIVA-rapport 3586-96. 56s.
- Loring D.H. 1990. Lithium - a new approach for the granulometric normalization of trace metal data. Mar. Chem. 29: 155 - 168.
- Niemistö, L., 1974. A gravity corer for studies of soft sediments. Havforskningsinstitutionen, Skr. Helsinki, 238, 33-38.
- Rygg B. & I. Thelin, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 93:02. ISBN 82-7655-102-5. 20 s.
- SFT, 1993. Miljøgifter i Norge. SFT-rapport nr. 93:22. 115 s.
- Walday, M. & A. Helland, 1994. Orienterende undersøkelse av metallinnhold i sediment og blåskjell utenfor Langøya i Holmestrandsfjorden. NIVA-rapport 3057, 22s.

### Personlige meddelelser

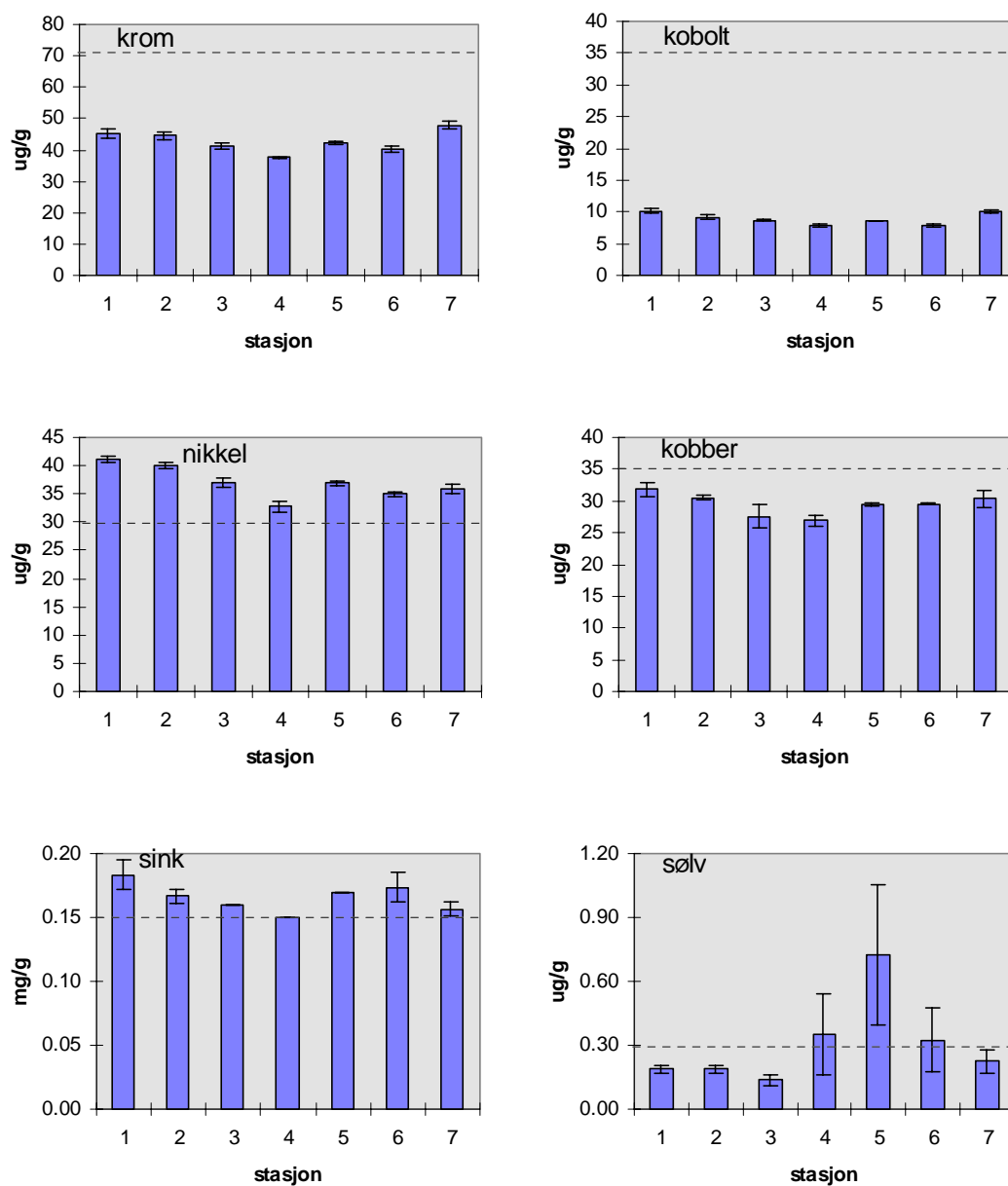
Jakob Lindstrøm, NOAH Holmestrand

Jens Skei, NIVA Oslo

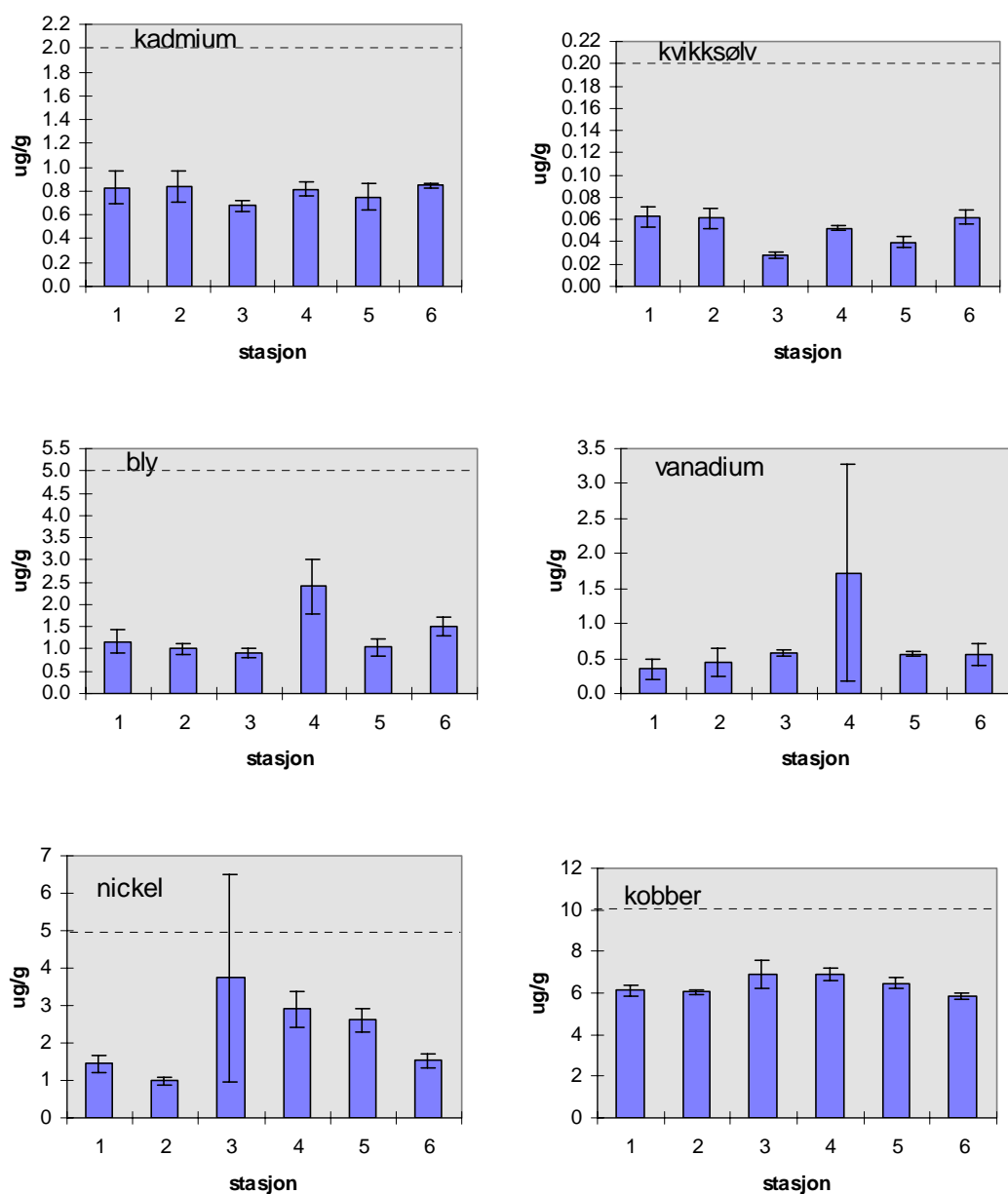
## Vedlegg A.



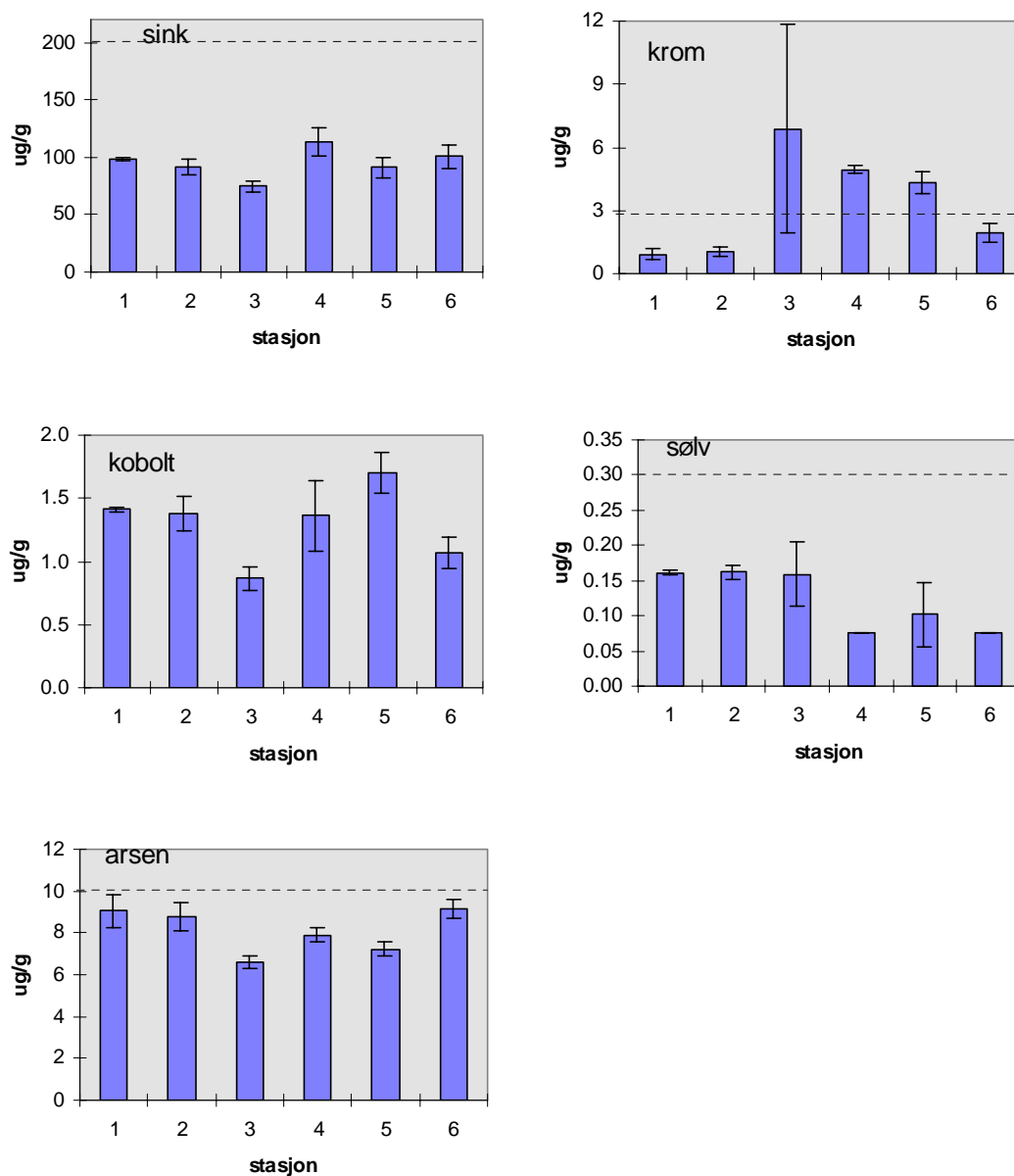
**Figur 9.** Metallinnhold i sedimenter (0-2 cm) utenfor Langøya i november 1996. Nivåer over stiplelinje indikerer "mindre god" tilstand (Rygg & Thélín 1993).



**Figur 10.** Metallinnhold i sedimenter (0-2 cm) utenfor Langøya i november 1996. Nivåer over stiplet linje indikerer "mindre god" tilstand (Rygg & Thélín 1993).



**Figur 11.** Metallinnhold i blåskjell utenfor Langøya i oktober 1996. Nivåer over stiplede linje indikerer "mindre god" tilstand (Rygg & Thøelin 1993).



**Figur 12.** Metallinnhold i blåskjell utenfor Langøya i oktober 1996. Nivåer over stiplet linje indikerer "mindre god" tilstand (Rygg & Thélín 1993).



**Tabell 7.** Sedimenter rundt Langøya i november 1996. Kjernelengde og konsentrasjoner av metaller i 0-2 cm (µg/g tørrvekt, Zn mg/g).

Stasjon/ parallel	1/1	1/2	1/3	2/1	2/2	2/3	3/1	3/2	3/3	4/1	4/2	4/3	5/1	5/2	5/3	6/1	6/2	6/3	7/1	7/2	7/3
kjerne cm	59,0	57,0	66,0	54,0	45,0	54,0	52,0	63,0	52,0	51,0	31,0	36,0	54,0	43,0	48,0	36,0	39,0	42,0	48,0	50,0	49,0
Li µg/g	41,6	38,5	42,5	39,3	39,5	38,7	40,6	40,1	39,1	36,6	35,7	36,8	39,2	38,1	39,1	42,1	40,5	38,9	37,9	38,4	38,1
V µg/g	104,0	103,0	104,0	89,2	86,0	87,8	79,9	76,2	73,4	65,6	64,5	63,6	73,5	72,3	75,3	70,6	71,2	69,3	82,8	85,5	81,0
Cr µg/g	45,5	43,5	46,3	46,0	43,5	44,3	41,6	42,0	40,1	37,5	37,7	37,8	42,1	42,0	42,8	41,2	40,5	38,9	47,9	49,0	46,9
Co µg/g	9,8	10,4	10,2	9,1	8,9	9,6	8,7	8,6	8,8	7,9	7,7	8,1	8,5	8,6	8,7	7,6	7,9	8,1	9,8	10,0	10,2
Ni µg/g	41,6	40,5	41,5	40,3	39,5	40,6	37,7	37,1	36,2	33,7	32,8	31,8	36,3	37,1	37,2	35,3	34,6	35,1	34,9	36,5	36,1
Cu µg/g	32,0	30,6	32,8	30,7	30,7	30,2	29,0	28,3	25,4	26,2	26,8	27,8	29,4	29,3	29,8	29,4	29,7	29,4	31,9	29,8	29,3
Zn mg/g	0,19	0,17	0,19	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,17	0,17	0,17	0,16	0,18	0,18	0,16	0,16	0,15
As µg/g	23,0	24,0	22,0	19,0	22,0	20,0	21,0	20,0	15,0	17,0	18,0	17,0	20,0	20,0	21,0	20,0	17,0	21,0	21,0	16,0	20,0
Ag µg/g	0,17	0,18	0,21	0,19	0,20	0,17	0,16	0,14	0,11	0,13	0,44	0,48	0,56	0,51	1,10	0,49	0,28	0,20	0,19	0,19	0,29
Cd µg/g	0,09	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04
Pb µg/g	53,5	52,1	55,1	53,2	53,5	51,8	52,5	52,0	48,3	58,5	50,7	49,3	55,2	54,8	55,1	48,5	57,4	56,5	52,8	56,2	51,0
Hg µg/g	0,24	0,20	0,23	0,21	0,23	0,20	0,20	0,21	0,18	0,29	0,22	0,21	0,23	0,21	0,23	0,17	0,23	0,23	0,29	0,26	0,22

**Tabell 8.** Blåskjell fra Langøya, oktober 1996. Konsentrasjoner av metaller (µg/g tørrvekt).

Stasjon/ parallel	B1/1	B1/2	B1/3	B2/1	B2/2	B2/3	B3/1	B3/2	B3/3	B4/1	B4/2	B4/3	B5/1	B5/2	B5/6	B6/1	B6/2	B6/3
V µg/g	0,27	0,52	0,27	0,25	0,66	0,42	0,63	0,55	0,55	0,86	3,52	0,79	0,53	0,58	0,58	0,39	0,71	0,57
Cr µg/g	1,14	0,97	0,63	0,84	1,04	1,27	10,36	9,07	1,20	4,74	4,98	5,10	4,88	3,92	4,18	2,43	1,54	1,84
Co µg/g	1,41	1,44	1,40	1,25	1,37	1,52	0,94	0,90	0,76	1,37	1,64	1,08	1,89	1,61	1,62	1,12	1,16	0,93
Ni µg/g	1,62	1,51	1,18	1,09	0,86	0,99	5,95	4,66	0,62	2,54	3,43	2,72	2,96	2,35	2,50	1,74	1,46	1,38
Cu µg/g	6,38	6,14	5,88	6,12	6,07	5,92	6,68	6,32	7,65	7,05	6,59	7,13	6,22	6,78	6,45	5,82	6,05	5,78
Zn µg/g	97,29	99,26	98,47	96,81	84,22	95,14	79,55	69,64	74,26	122,77	117,18	100,39	101,39	87,37	84,68	104,51	108,66	89,07
As µg/g	9,07	9,83	8,28	8,29	8,48	9,57	6,29	6,79	6,72	8,09	8,08	7,50	7,59	7,12	6,96	9,66	9,00	8,77
Ag µg/g	0,16	0,16	0,16	<0,15	0,16	0,17	0,17	0,20	0,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,16	0,08	0,08	0,08	0,08
Cd µg/g	0,79	0,98	0,72	0,79	0,74	0,99	0,69	0,71	0,62	0,89	0,76	0,80	0,88	0,67	0,71	0,87	0,85	0,82
Pb µg/g	1,22	1,41	0,88	1,00	0,89	1,12	0,88	1,03	0,83	3,11	2,11	2,01	1,25	0,87	1,02	1,76	1,42	1,36
Hg µg/g	0,06	0,07	0,05	0,06	0,06	0,07	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06

**Tabell 9.** Dyretaxa og deres forekomst (1=enkeltpfunn, 2=spredt, 3=vanlig, 4=dominerende) på de fire strandsonestasjonene i oktober 1996. BK er kontrollstasjonen på Mølen.

TAXA	NORSKT NAVN	KATEGORI	BK	B2	B3	B6
<i>Acmaea</i> sp.		Bløtdyr	2	1		
<i>Littorina littorea</i>	Strandsnegl	Bløtdyr	3	3	3	3
<i>Littorina saxatilis</i>		Bløtdyr	2			
<i>Mytilus edulis</i>	Blåskjell	Bløtdyr	2	4	4	2
<i>Balanus balanoides</i>	Rur	Krepsdyr	2	2	2	2
<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrabbe	Krepsdyr	1	1	1	2
<i>Nereis</i> sp.		Mangebørstmark	1			
<i>Spirorbis borealis</i>	Posthornmark	Mangebørstmark		1		
<i>Alcyonidium hirsutum</i>		Mosdyr	1			
cf. <i>Alcyonidium gelatinosum</i>		Mosdyr	2	2		2
<i>Electra pilosa</i>		Mosdyr	3	2	3	3
<i>Membranipora membranacea</i>		Mosdyr	3		2	1
<i>Dynamena pumila</i>		Nesledyr	2			
<i>Laomedea geniculata</i>		Nesledyr	2	2	3	2
<i>Metridium senile</i> juv.	Sjønellik	Nesledyr	3			1
<i>Asterias rubens</i>	Vanlig korstroll	Pigghud	2	1	2	2
<i>Asterias rubens</i> juv.	juvenilt korstroll	Pigghud	2	2	2	2
<i>Asterioidea</i> indet. juv.	juvenil sjøstjerne	Pigghud		1		
<i>Porania pulvillus</i>	Sypute	Pigghud			2	

**Tabell 10.** Algetaxa og deres forekomst (1=enkeltpfunn, 2=spredt, 3=vanlig, 4=dominerende) på de fire strandsonestasjonene i oktober 1996. BK er kontrollstasjonen på Mølen.

TAXA	NORSKT NAVN	KLASSE	BK	B2	B3	B6
Brunt på fjell - mørkt		Brunalge			2	3
<i>Chorda filum</i>	Martaum	Brunalge	2			
<i>Chordaria flagelliformis</i>	Strandtagl	Brunalge	1			
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	Knippesli	Brunalge	2	1	2	2
<i>Elachista fucicola</i>	Tanglo	Brunalge	2	1		
<i>Fucus cf. evanescens</i>	Gjelvtang	Brunalge	2	3	2	
<i>Fucus</i> juv.	juvenil tang	Brunalge	3	2		2
<i>Fucus serratus</i>	Sagtang	Brunalge	4	4	3	4
<i>Fucus vesiculosus</i>	Blæretang	Brunalge	3	4	3	4
<i>Laminaria saccharina</i> juv.	juvenil sukkertare	Brunalge	1			
<i>Petalonia fascia</i>	Vanlig brunbånd	Brunalge			1	
<i>Ralfsia verrucosa</i>	Fjæreskorpe	Brunalge	3	4	2	2
<i>Zostera marina</i>	Ålegrass	Frøplante				3
<i>Cladophora rupestris</i>	Vanlig grønndusk	Grønnalge	2			2
<i>Cladophora</i> sp.	Grønndusk	Grønnalge	1	2	2	2
<i>Enteromorpha</i> sp.	Tarmgrønnske	Grønnalge	2		3	1
<i>Spongomorpha aeruginosa</i>	Liten grønndott	Grønnalge	2			
diatome-kjede på fjell		Kiselalge	2		3	2
<i>Ahnfeltia plicata</i>	Sjørøis	Rødalge	3	1		2
<i>Callithamnion</i> sp.	Havpyrd	Rødalge			2	
<i>Ceramium rubrum</i>	Vanlig rekeklo	Rødalge	3		2	
<i>Ceramium strictum</i>	Tynn rekeklo	Rødalge	2		3	1
<i>cf. Polyides rotundus</i>	Rødkluft	Rødalge				1
<i>Chondrus crispus</i>	Krusflik	Rødalge	3	2	3	3
<i>Cruoria pellita</i>	Sleipfleck	Rødalge				1
<i>Dumontia contorta</i>	Bendelsleipe	Rødalge	1		1	1
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	Svartkluff	Rødalge	2	2		1
<i>Hildenbrandia rubra</i>	Fjæreblood	Rødalge		2		2
<i>Polysiphonia nigrescens</i>	Svartdokke	Rødalge	3	2	3	
<i>Polysiphonia urceolata</i>	Røddokke	Rødalge	2			1
<i>Polysiphonia violacea</i>	Tangdokke	Rødalge	2			2
<i>Porphyra umbilicalis</i>	Vanlig fjærehinne	Rødalge			2	